

**KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE**

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

Application Number: Korean Patent 2003-0048303

Date of Application: 15 July 2003

Applicant(s): HONG, CHUN PYO

26 November 2003

**COMMISSIONER**

## [Bibliography]

[Document Name]	Patent Application
[Classification]	Patent
[Receiver]	Commissioner
[Reference No.]	0005
[Filing Date]	15 July 2003
[IPC]	B22D
[Title]	Apparatus for producing a semi-solid metallic slurry
[Applicant]	
[Name]	HONG, Chun Pyo
[Applicant code]	4-1995-066868-7
[Attorney]	
[Name]	Youngpil Lee
[Attorney code]	9-1998-000334-6
[Attorney]	
[Name]	Haeyoung Lee
[Attorney's code]	9-1999-000227-4
[Inventor]	
[Name]	HONG, Chun Pyo
[Applicant code]	4-1995-066868-7
[Request for Examination]	Requested
[Purpose]	We file as above according to Art. 42 of the Patent Law, request the examination as above according to Art. 60 of the Patent Law.
	Attorney Youngpil Lee Attorney Haeyoung Lee
[Fee]	
[Basic page]	20 Sheet(s) 29,000 won
[Additional page]	9 Sheet(s) 9,000 won
[Priority claiming fee]	0 Case(s) 0 won
[Examination fee]	6 Claim(s) 301,000 won
[Total]	339,000 won
[Reason for Reduction]	Individual (70% reduction)
[Fee after Reduction]	101,700 won
[Enclosures]	
1. Abstract and Specification (and Drawings)	1 copy each
2. Power of Attorney	1 copy



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0048303  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 07월 15일  
Date of Application JUL 15, 2003

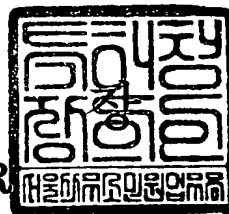
출원인 : 홍준표  
Applicant(s) HONG, CHUN PYO



2003 년 11 월 26 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서		
【권리구분】	특허		
【수신처】	특허청장		
【참조번호】	0005		
【제출일자】	2003.07.15		
【국제특허분류】	B22D		
【발명의 명칭】	반응고 금속 슬러리 제조장치		
【발명의 영문명칭】	Apparatus for producing a semi-solid metallic slurry		
【출원인】			
【성명】	홍준표		
【출원인코드】	4-1995-066868-7		
【대리인】			
【성명】	이영필		
【대리인코드】	9-1998-000334-6		
【대리인】			
【성명】	이해영		
【대리인코드】	9-1999-000227-4		
【발명자】			
【성명】	홍준표		
【출원인코드】	4-1995-066868-7		
【심사청구】	청구		
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 이영필 (인) 대리인 이해영 (인)		
【수수료】			
【기본출원료】	20	면	29,000 원
【가산출원료】	9	면	9,000 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	6	항	301,000 원
【합계】	339,000 원		
【감면사유】	개인 (70%감면)		
【감면후 수수료】	101,700 원		

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통 2. 위임장\_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명의 목적은 보다 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻는 동시에 에너지 효율의 개선, 제조비 절감, 기계적 성질의 향상, 주조공정의 간편화 및 제조시간 단축의 이점을 실현할 수 있고, 단시간에 고품질의 반응고 금속 슬러리를 제조할 수 있으며, 후속 공정과의 연계성이 좋도록 하고, 고품질의 반응고 금속 슬러리의 제조와 배출이 용이한 반응고 금속 슬러리의 제조장치를 제공하기 위한 것이다. 본 발명은 이를 위하여, 양단이 개방되고, 일단으로부터 액상의 용융 금속이 주입되는 적어도 하나의 슬리브와, 상기 슬리브 내의 용융 금속에 전자기장을 인가하는 교반부와, 상기 슬리브의 타단을 폐쇄해 상기 용융 금속이 주입되는 영역의 바닥을 형성하고, 슬러리의 형성 후에는 상기 슬리브의 타단을 개방해 슬러리가 상기 슬리브 외측으로 이탈되도록 하는 개폐 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 금속 슬러리의 제조장치를 제공한다.

## 【대표도】

도 2

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

반응고 금속 슬러리 제조장치 {Apparatus for producing a semi-solid metallic slurry}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 반응고 금속 슬러리 제조장치가 수행하는 제조방법을 나타내는 그래프,

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 반응고 금속 슬러리 제조장치를 개략적으로 도시한 구성도,

도 3은 본 발명의 반응고 금속 슬러리 제조장치 중 슬리브의 다른 일 실시예를 나타내는 단면도,

도 4는 도 2에 따른 반응고 금속 슬러리 제조장치에 의해 제조된 슬러리를 외측으로 배출시키는 상태를 도시한 구성도,

도 5는 도 2에 따른 반응고 금속 슬러리 제조장치에 가압수단을 부가한 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 반응고 금속 슬러리 제조장치의 구성도.

도 6은 본 발명의 바람직한 또 다른 일 실시예에 따른 반응고 금속 슬러리 제조장치를 개략적으로 도시한 구성도,

도 7은 도 6에 따른 반응고 금속 슬러리 제조장치에 의해 제조된 슬러리를 외측으로 배출시키는 상태를 도시한 구성도, .

도 8은 도 6에 따른 반응고 금속 슬러리 제조장치에 가압수단을 부가한 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 반응고 금속 슬러리 제조장치의 구성도.

## &lt;도면의 주요부분에 대한 간단한 설명&gt;

- 1: 교반부      2: 슬리브  
 3: 개폐수단    4: 주입부  
 5: 가압수단    M: 용융 금속  
 S: 슬러리

## 【발명의 상세한 설명】

## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<14>      본 발명은 반응고 금속 슬러리의 제조장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻을 수 있는 고액공존(固液共存)상태의 반응고 금속 슬러리의 제조장치에 관한 것이다.

<15>      고액공존상태의 금속재료, 즉, 반응고 금속 슬러리는 통상 반응고 성형법(rheocasting) 및 반용융 성형법(thixocasting)으로 알려진 복합 가공법의 중간품을 말하는 것으로, 반응고 영역의 온도에서 액상과 구상의 결정립이 적절한 비율로 혼재한 상태에서 틱소트로픽(thixotropic)한 성질에 의해 작은 힘에 의해서도 변형이 가능하고, 유동성이 우수하여 액상과 같이 성형가공이 용이한 상태의 금속재료를 의미한다. 여기서, 반응고 성형법이란 미처 응고되지 않아 소정의 점성을 갖는 금속 슬러리(slurry)를 주조 또는 단조하여 빌렛이나 최종 성형품을 제조하는 가공법을 말하며, 반용융 성형법이란 반응고 성형법에 의해 제조된 빌렛을 다시 반용융 상태의 금속 슬러리로 재가열한 후, 이 슬러리를 주조 또는 단조시켜 최종제품으로 제조하는 가공법을 말한다.



<16> 이러한 반응고/반용융 성형법은 주조나 용탕단조 등 용융 금속을 이용하는 일반인 성형 방법에 비해 여러 가지 장점을 갖고 있다. 예를 들면, 반응고/반용융 성형법에서 사용하는 슬러리는 용융 금속보다 낮은 온도에서 유동성을 가지므로 이 슬러리에 노출되는 다이의 온도를 용융 금속의 경우보다 더 낮출 수 있고, 이에 따라 다이의 수명이 길어질 수 있다. 또한, 슬러리가 실린더를 따라 압출될 때 난류(turbulence)의 발생이 적어, 주조과정에서 공기의 혼입을 줄일 수 있으며, 이에 따라 최종 제품에의 기공 발생을 저감시킬 수 있다. 그 외에도 응고 수축이 적고, 작업성이 개선되며, 제품의 기계적 특성과 내식성이 향상되고, 제품의 경량화가 가능하다. 이에 따라, 자동차 및 항공기 산업분야, 전기 전자 정보 통신 장비의 신소재로서 이용될 수 있다.

<17> 이처럼 반응고/반용융 성형법에서는 모두 반응고 상태의 금속 슬러리를 사용하는 데, 전술한 바와 같이, 반응고 성형법에서는 용융 금속을 소정의 방법에 의해 냉각시킨 슬러리를 사용하고, 반용융 성형법에서는 고상인 빌렛을 재가열하여 얻어진 슬러리를 사용한다. 이하, 본 발명의 명세서에서는 상기 반응고 금속 슬러리를 금속의 액상선과 고상선의 사이에서 액상과 고상이 공존하는 영역, 즉, 금속의 반응고 영역의 온도에서 금속내부의 결정립계가 부분적으로는 용해되고, 부분적으로는 고상성분으로 잔류하는 상태의 금속재료를 의미하는 것으로, 반응고 성형법에 의해 제조된, 즉, 용융 금속으로부터 냉각되어 얻어진 반응고 상태의 슬러리를 말하는 것으로 한다.

<18> 한편, 종래의 반응고 성형법은 용융 금속을 냉각시킬 때에 주로 액상선 이하의 온도에서 교반시켜 이미 생성된 수지상(dendrite) 결정조직을 파괴함으로써 반응고 성형에 적합하도록 구형의 입자로 만드는 것이었으며, 교반방법으로는 기계적 교반법(mechanical stirring)과 전

자기적 교반법(electromagnetic stirring), 개스 버블링, 저주파, 고주파 또는 전자기파 진동을 이용하거나 전기적 충격에 의한 교반법 (agitation) 등이 이용되었다.

<19> 예를 들어, 미국특허 제3,948,650호에는 액상-고상 혼합물 (liquid-solid mixture)을 제조하는 방법 및 그 장치가 개시되어 있는데, 이 방법에서는 용융금속이 고상화되는 동안 이를 강하게 교반하면서 냉각시킨다. 또한, 개시된 반응고 금속 슬러리 제조장치는 용기에 고-액 혼합물을 주입한 상태에서 교반봉에 의해 교반하는 데, 이 교반봉은 소정의 점성을 가진 고-액 혼합물을 저어주어 유동시킴으로써 혼합물 내의 수지상 구조를 파쇄하거나 파쇄된 수지상 구조를 분산시키는 것이다. 상기와 같은 제조방법에서는 냉각과정에서 이미 형성된 수지상 결정형태를 분쇄하여 이를 결정핵으로 하여 구상의 결정을 얻으려는 것으로, 초기 응고층의 형성에 따른 잠열 발생으로 인해 냉각속도의 감소와 제조시간의 증가 및 교반 용기 내에서의 온도 불균일로 인한 불균일한 결정 상태 등 많은 문제점을 수반한다. 또한, 상기 제조장치의 경우에도 기계적 교반이 갖는 한계로 인하여 용기 내의 온도분포가 불균일하며, 챔버 내에서 작동하기 때문에 작업 시간 및 후속 공정으로의 연계가 매우 어려운 한계를 갖는다.

<20> 미국특허 제4,465,118호에는 반응고 합금 슬러리 (semi-solid alloy slurry)의 제조방법 및 장치가 개시되어 있는데, 코일을 갖춘 전자기장 인가 수단의 내측에 순차로 냉각 매니폴드 및 금형이 구비되어 있고, 금형의 상측은 용융 금속이 연속하여 주입되도록 형성되어 있으며, 냉각 매니폴드에는 냉각수가 흘러 금형을 냉각시킨다. 반응고 합금 슬러리의 제조방법은, 먼저, 상기 금형의 상측으로부터 용융 금속을 주입하고, 이 용융 금속이 금형 내를 통과하면서 먼저 냉각 매니폴드에 의해 고상화 영역(solidification zone)을 형성하게 되며, 여기서 전자기장 인가 수단에 의해 자기장이 인가되어 수지상 조직을 파쇄시키면서 냉각이 진행되고, 마침내 하부로부터 인곳(ingot)이 형성되는 것이다. 그런데, 이러한 제조방법 및 장치에 있어서도,

그 기본적인 기술적 사상은 응고가 일어난 후에 진동을 가해 수지상 조직을 파쇄한다는 것으로, 이도 역시 전술한 바와 같은 공정상 및 조직 구성상의 많은 문제를 갖는다. 또한, 상기 제조장치의 경우에도 용융금속이 상부에서 하부로 진행하면서 연속하여 인곳을 형성하는 것이나, 연속하여 성장하도록 함으로써 금속의 상태를 조절하기가 매우 어려우며, 전체적인 공정 제어가 곤란하다. 뿐만 아니라, 전자기장의 인가 이전의 단계에서 이미 상기 용기를 수냉시키므로 용기 벽체 부근과 중심부근에서의 온도차가 심하게 되는 한계가 있다.

<21> 이 밖에도 반응고/반용융 성형법은 후술하는 바와 같이, 다양하게 존재하나 모두 전술한 바와 같이 이미 형성된 수지상 조직을 파쇄하여 이를 결정핵으로서 사용한다는 기술적 사상을 근간에 두고 있어 전술한 특허와 동일한 문제들을 지니고 있다.

<22> 미국특허 4,694,881호는 합금 중의 모든 금속 성분이 액체 상태로 존재하도록 합금을 가열한 다음, 얻어지는 액체 금속을 액상선과 고상선 사이의 온도로 냉각시킨 다음 전단력을 인가하여 냉각되는 용융금속으로부터 형성되는 수지상 조직을 파괴함으로써 반용융 성형재 (thixotropic materials)를 제조하는 방법을 개시하고 있다.

<23> 일본 공개특허공보 특개평11-33692호에는 액상선 온도 부근 또는 액상선보다 50℃까지 높은 온도에서 용융금속을 용기에 주입한 다음, 용융금속이 냉각되는 과정에서 용융금속의 적어도 일부가 액상선 온도 이하로 되는 시점, 즉 최초로 액상선 온도를 통과하는 시점에서, 예를 들어 초음파 진동 등에 의해, 용융금속에 운동을 가한 다음 서서히 냉각시킴으로써 입상결정형태의 금속조직을 가진 반응고 주조용 금속 슬러리를 제조하는 방법이 개시되어 있다. 그러나, 이 방법에서도, 초음파진동 등의 힘이 냉각초기에 형성되는 수지상 결정조직을 파쇄하기 위해 사용되고 있다. 또한, 주탕온도를 액상선온도보다 높은 수준으로 하면, 입상의 결정형태

를 얻기 어렵고, 동시에, 용탕을 급격히 냉각하기 어렵다. 뿐만 아니라, 표면부와 중심부의 조직이 불균일하게 된다.

<24> 또한, 일본 공개특허공보 특개평10-128516호에 개시된 반응용금속의 성형방법에서는 용융금속을 용기에 주입한 다음 진동바를 용융금속 중에 침적시켜 용융금속과 직접 접촉시킨 상태로 진동시켜 용융금속에 진동을 부여한다. 이에 따라 진동바의 진동력을 용융금속에 전달함으로써, 액상선 온도 이하에서 결정핵을 가진 고액공존상태의 합금을 형성한 후, 소정의 액상율을 나타내는 성형온도까지 용융금속을 용기내에서 냉각하면서 30초 내지 60분간 유지함으로써 상기 결정핵을 성장시켜 반응용금속을 얻는다. 그러나, 이 방법에 의해 얻어진 결정핵의 크기는 약  $100\mu\text{m}$ 이고, 공정소요시간도 상당히 길며, 소정 크기 이상의 용기에 적용하기 곤란한 문제가 있다.

<25> 미국특허 제6,432,160호에는 냉각과 교반을 동시에 정밀하게 제어함으로써 반응용 금속 슬러리를 제조하는 방법을 개시하고 있다. 구체적으로는, 용융금속을 혼합용기 (mixing vessel)에 주입한 후, 혼합용기 주위에 설치된 고정자 어셈블리(stator assembly)를 작동시켜 용기내의 용융금속을 급속하게 교반하기에 충분한 기자력 (magnetomotive force)을 발생시키고, 혼합용기 주위에 설치되어 용기 및 용융금속의 온도를 정밀하게 조절하는 작용을 하는 써멀 자켓 (thermal jacket)을 이용하여 용융금속의 온도를 급속하게 떨어뜨린다. 용융금속이 냉각될 때 용융금속은 계속적으로 교반되며, 고상율 (solid fraction)이 낮을 때는 빠른 교반을 제공하도록 하고 고상율이 증가함에 따라 증대된 기전력을 제공하도록 하는 방식으로 조절된다.

<26> 이상 설명한 바와 같은 종래의 반응고 금속 슬러리의 제조방법 및 장치들은 냉각과정에서 이미 형성된 수지상 결정형태를 분쇄하여 입상의 금속 조직으로 만들기 위해 전단력을 이용하고 있다. 즉, 용융 금속의 적어도 일부가 액상선 이하로 온도가 내려갔을 때에야 비로소 진

동 등의 힘을 가하므로 초기 응고층의 형성에 따른 잠열발생으로 인해 냉각속도의 감소와 제조 시간의 증가 등 각종 문제를 피하기 어렵다. 또한, 이에 따라 형성된 금속 조직도 용기 내에서의 온도의 불균일로 인해 전체적으로 균일하고 미세한 조직을 얻기 어려우며, 용융 금속의 용기로의 주입 온도를 조절하지 않으면 용기 벽면부와 중심부의 온도차로 인해 조직의 불균일성은 더욱 증대되게 된다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

- <27> 본 발명은 상술한 바와 같은 종래 기술들의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 보다 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻는 동시에 에너지 효율의 개선, 제조비 절감, 기계적 성질의 향상, 주조공정의 간편화 및 제조시간 단축의 이점을 실현할 수 있는 반응고 금속 슬러리의 제조장치를 제공하는 데에 그 목적이 있다.
- <28> 본 발명의 다른 목적은 단시간에 고품질의 반응고 금속 슬러리를 제조할 수 있고, 후속 공정과의 연계성이 좋은 반응고 금속 슬러리의 제조장치를 제공하는 것이다.
- <29> 본 발명의 또 다른 목적은 고품질의 반응고 금속 슬러리의 제조와 배출이 용이한 반응고 금속 슬러리의 제조장치를 제공하는 것이다.

**【발명의 구성 및 작용】**

- <30> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 양단이 개방되고, 일단으로부터 액상의 용융 금속이 주입되는 적어도 하나의 슬리브와, 상기 슬리브 내의 용융 금속에 전자기장을 인가하는 교반부와, 상기 슬리브의 타단을 폐쇄해 상기 용융 금속이 주입되는 영역의 바닥을 형성하고, 슬러리의 형성 후에는 상기 슬리브의 타단을 개방해 슬러리가 상기 슬리브 외측으로 이탈되도록 하는 개폐 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 금속 슬러리의 제조장치를 제공한다.

- <31> 본 발명의 다른 특징에 의하면, 상기 개폐수단은 상기 슬리브의 일단에 구비된 개폐형 스톱퍼일 수 있다.
- <32> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 개폐수단은 상기 슬리브의 일단에 삽입되어 승강운동하는 플런저일 수 있다.
- <33> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 슬리브의 일단에는 슬러리를 가압하는 가압수단이 더 구비될 수 있다.
- <34> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 반응고 금속 슬러리의 제조장치는 상기 슬리브 내의 용융금속을 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 냉각시킬 수 있다.
- <35> 이 때, 상기 슬리브에는 온도 조절장치가 더 부가되고, 상기 슬리브 내의 용융금속의 냉각은 상기 온도 조절장치에 의해 이루어지는 것일 수 있다.
- <36> 이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세히 설명한다.
- <37> 먼저, 도 1을 참조로 본 발명의 반응고 금속 슬러리의 제조장치가 수행하게 될 반응고 금속 슬러리 제조방법을 살펴본다.
- <38> 전술한 종래 기술들과는 달리, 본 발명의 반응고 금속 슬러리의 제조장치가 수행하게 되는 반응고 금속 슬러리의 제조방법은 주탕공정에 따라 슬리브에의 용융 금속의 주입이 완료되기 전에 전자기장에 의한 교반을 행한다. 즉, 슬리브에 용융금속을 주입하기 전, 슬리브에 용융금속을 주입함과 동시에, 또는 슬리브에 용융금속을 주입하는 도중에 전자기장에 의한 교반을 실시함으로써, 초기 수지상 조직의 생성을 차단하는 것이다. 이 때, 상기 교반으로는 전자기장 대신 초음파 등이 이용될 수도 있다.

- <39> 먼저, 전자기장을 인가하는 교반부에 의해 둘러싸인 적어도 하나의 슬리브에 전자기장을 인가해 주고, 용융금속을 주탕한다. 이 때, 전자기장의 인가는 용융금속을 교반할 수 있는 세기로 이루어진다.
- <40> 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이, 용융금속을 주탕온도  $T_p$ 에서 슬리브에 주탕한다. 물론, 전술한 바와 같이, 이 때의 슬리브에는 전자기장이 인가되어 교반이 이루어지고 있는 상태가 될 수 있다. 그러나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 용융금속의 주탕과 동시에 상기 전자기장 교반이 행해질 수도 있고, 또는 용융금속이 주탕되고 있는 도중에 전자기장 교반이 행해질 수도 있다.
- <41> 이렇게 슬리브에의 용융금속의 주입이 완료되기 전에 전자기장 교반을 행함에 따라, 용융 금속이 저온의 슬리브 내벽에서 초기 응고층으로 형성되지 않고, 이로부터 수지상 조직으로 성장해 나가는 일이 없게 된다. 즉, 슬리브 전체에 걸쳐 미세한 결정핵들이 동시에 발생하게 되고, 슬리브 내의 용융금속 전체가 균일하게 액상선 온도 직하로 급속히 냉각되어 다수의 결정핵을 동시에 발생시키게 된다.
- <42> 이는 슬리브에 용융금속을 주탕하기 이전 또는 주탕과 동시에 전자기장을 인가함으로써 활발한 초기 교반작용으로 인해 내부의 용융 금속과 표면의 용융금속이 잘 교반되어 용융금속 내에서의 열전달이 빠르게 일어나므로 슬리브 내벽에서의 초기 응고층 형성이 억제되기 때문이다.
- <43> 또한, 잘 교반되고 있는 용융 금속과 저온의 슬리브 내벽과의 대류 열전달이 증가하여 용융 금속 전체의 온도를 급속히 냉각시키게 된다. 즉, 주탕된 용융금속이 주탕과 동시에 전자기장 교반에 의해 분산 입자들로 흩어지고 이 분산 입자들이 결정핵으로서 슬리브 내에 고루 분포하게 되며, 이에 따라 슬리브 전체에 걸쳐 온도차가 발생하지 않게 되는 것이다. 반면, 중

래기술들에 의하면 주탕된 용융금속이 저온의 용기 내벽과 접촉하여 용기 내벽에 초기 응고층을 형성하게 되고, 이 초기 응고층으로부터 수지상 결정으로 성장하게 되는 것이다.

<44> 이러한 원리는 응고잠열과 관련하여 설명될 수도 있는 데, 즉, 슬리브의 벽면에서의 용융금속의 초기 응고가 발생되지 않으므로, 응고잠열이 발생하지 않게 되고, 이에 따라 용융금속의 냉각은 단지 용융금속의 비열 (응고잠열의 1/400 정도에 불과함)에 해당하는 정도의 열량의 방출만으로 가능하게 된다. 따라서, 종래기술에서와 같이 슬리브의 벽면에서 흔히 발생되는 초기 응고층인 수지상 결정이 형성되는 일이 발생하지 않게 되고, 슬리브 내의 용융금속 전체가 전체적으로 균일하고 급속하게 온도가 저하되는 양상을 나타낸다. 그에 소요되는 시간은 용융금속의 주탕 후 1 내지 10초 정도의 짧은 시간에 불과하다. 이에 따라, 다수의 결정핵이 슬리브 내의 용융금속 전체에 걸쳐 균일하게 생성되며, 결정핵 생성밀도의 증가로 결정핵간의 거리는 매우 짧아지게 되어 수지상 결정이 형성되지 않고 독립적으로 성장하여 구상입자를 형성하게 된다.

<45> 이는 용융금속이 주탕되고 있는 도중에 전자기장이 인가되는 경우에도 마찬가지이다. 즉, 용융금속의 주탕이 완료되기 전에 전자기장이 인가됨에 따라 슬리브 내벽에서 초기 응고층 형성이 어렵게 된다.

<46> 한편, 상기 용융 금속의 주탕 온도  $T_p$ 는 액상선 온도 내지 액상선 + 100℃사이의 온도(용탕 과열도, melt superheat=0℃~100℃)로 유지되는 것이 바람직하다. 전술한 바와 같이, 용융금속이 담긴 슬리브 내부 전체가 균일하게 냉각되므로, 슬리브에 용융 금속을 주탕하기 전에 액상선 온도 부근까지 냉각할 필요가 없고 액상선 온도보다 100℃ 정도의 높은 온도를 유지해도 무방하기 때문이다.



<47> 반면, 용융금속을 슬리브에 주탕한 후 용융금속의 일부가 액상선 이하로 되는 시점에서 용기에 전자기장을 인가하는 종래의 방법에서는 용기의 벽면에 초기응고층이 형성되면서 응고 잠열이 발생되는데, 응고잠열은 비열의 약 400배 정도이므로 용기 전체의 용융금속의 온도가 떨어지기에는 많은 시간이 걸릴 수밖에 없다. 따라서, 이러한 종래 방법에서는 액상선 정도 또는 액상선보다 50℃ 정도 높은 온도까지 용융금속의 온도를 냉각시킨 다음 용기에 주입하는 것이 일반적이었다.

<48> 또한, 본 발명에 있어 상기 전자기장 교반은 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이, 슬리브 내에 주탕된 용융금속이 적어도 일부분이라도 그 온도가 액상선 온도( $T_L$ ) 이하로 내려왔을 때에, 즉, 고상율이 0.001 정도로 소정의 결정핵이라도 생성된 이후라면 어느 때 종료하더라도 크게 문제될 여지가 없다. 즉, 슬리브에 용융금속을 주입하고 이 용융금속을 냉각시키는 단계까지 전자기장을 걸어주어, 후속하는 다이캐스팅 공정이나, 열간 단조 공정 등의 성형 공정 전에 상기 전자기장 교반을 정지시켜도 무방한 것이다. 이는 이미 슬리브 전체에 걸쳐 결정핵이 고르게 분포되어 있기 때문에 이 결정핵을 중심으로 하여 결정립이 성장하는 단계에서의 전자기장 교반은 제조되는 금속 슬러리의 특성에 영향을 미치지 않기 때문이다. 따라서, 상기와 같은 전자기장 교반은 적어도 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.7 중 어느 시점에 이를 때까지라도 지속할 수 있는 것이다.

<49> 다만, 상기 전자기장 교반의 지속 시간은 에너지 효율면에서 고려될 수 있기 때문에, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 적어도 슬리브 내의 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.4가 될 때까지 지속할 수 있고, 더욱 바람직하게는 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.1이 될 때까지 지속할 수 있다.

- <50>      상기와 같이, 전자기장 교반을 가한 후에는 상기 슬러리를 슬리브 외측으로 이송시켜 후속 공정으로 연계시킨다. 즉, 후속 공정인 다이 캐스팅 공정이나, 열간 단조 공정 또는 빌렛 제조 공정으로 옮겨 성형하는 것이다.
- <51>      한편, 슬리브에의 용융금속의 주입이 완료되기 전에 전자기장을 인가하여, 균일한 분포의 결정핵을 형성한 후에는 상기 슬리브를 냉각시켜 상기 생성된 결정핵의 성장을 가속시킨다. 따라서, 이러한 냉각 단계는 슬리브에 용융금속을 주입할 때부터 이루어지도록 하여도 무방하다.
- <52>      또한, 전술한 바와 같이, 이 냉각 단계 동안에도 전자기장은 지속적으로 인가되어도 무방하다. 따라서, 이 냉각 단계는 슬리브에 전자기장이 인가되는 동안에 이루어질 수도 있다. 이에 따라 슬리브에서 반응고 상태의 금속 슬러리를 제조한 후 이를 곧바로 후속 공정인 성형 공정에서 사용할 수 있도록 하는 것이다.
- <53>      한편, 이러한 냉각 단계는 후속 공정인 성형 공정 전까지 지속될 수 있는 데, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 용융 금속이 0.1 내지 0.7의 고상율에 이르는 시점( $t_2$ )까지 냉각 단계를 유지시킬 수도 있다. 이 때, 용융 금속의 냉각속도는  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  내지  $5.0^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  정도가 될 수 있으며, 이는 또한 결정핵의 분포도 및 입자의 미세도 등에 따라  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  내지  $2.0^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  로 할 수도 있다.
- <54>      이러한 방법에 따라 소정의 고상율을 지닌 반응고 상태의 금속 슬러리를 제조할 수 있으며, 이를 곧바로 빌렛 제조공정으로 이송시켜 급냉에 의해 반응용 성형용 빌렛을 제조하거나, 다이캐스팅, 단조 또는 프레스가공 공정으로 이송시켜 최종제품으로 성형할 수도 있다.

- <55> 이상 설명한 바와 같은 본 발명에 따르면, 반응고 상태의 금속 슬러리를 제조하는 시간을 매우 현격히 단축시킬 수 있는 데, 상기 용융 금속의 슬리브로의 주입시점으로부터 고상율 0.1 내지 0.7의 금속 슬러리 형태의 금속재료로 형성되는 시점까지 소요되는 시간은 30초 내지 60초에 불과하다. 이에 따라 제조된 금속 슬러리를 사용하여 제품을 성형하게 되면 균일하고 치밀한 구상의 결정구조를 얻을 수 있다.
- <56> 이상 설명한 바와 같은 제조방법은 도 2 및 도 3에 따른 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의해 실현될 수 있다.
- <57> 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 반응고 금속 슬러리의 제조장치는 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 양단이 개방되고, 일단으로부터 액상의 용융 금속이 주입되는 적어도 하나의 슬리브(2)와, 슬리브(2) 내의 용융 금속에 전자기장을 인가하는 교반부(1)와, 상기 슬리브(2)의 타단을 폐쇄해 상기 용융 금속이 주입되는 영역의 바닥을 형성하고, 슬러리의 형성 후에는 상기 슬리브(2)의 타단을 개방해 슬러리가 상기 슬리브 외측으로 이탈되도록 하는 적어도 하나의 개폐 수단(3)으로 구비된다.
- <58> 상기 교반부(1)는 중공의 베이스 플레이트(14) 상부에 구비되어 있는 것으로, 이 베이스 플레이트(14)는 지면으로부터 소정 높이 위에 설치되도록 별도의 지지부재(15)에 의해 지지되어 있다. 상기 베이스 플레이트(14)의 상부에는 전자기장 인가용 코일장치(11)가 구비되어 있는데, 이 전자기장 인가용 코일장치는 내측에 공간부(13)를 갖는 소정의 프레임(12)에 의해 지지될 수 있다. 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)는 별도의 제어부(미도시)와 전기적으로 연결되어 있고, 상기 공간부(13)를 향하여 소정 세기의 전자기장을 인가하여 공간부(13)에 설치되는 슬리브(2) 내의 용융금속을 전자기 교반한다. 상기 교반부는 비록 도면으로 도시하지는 않았지만 초음파 교반장치여도 무방하다.

<59>      상기 슬리브(2)는 상기 교반부(1)의 내측에 위치하는 것으로, 도 2에서 볼 수 있듯이, 공간부(13)에 설치될 수 있으며, 교반부(1)의 프레임(12)에 밀착되어 고정될 수 있다. 이 슬리브(2)는 베이스 플레이트(14)에 고정적으로 설치될 수 있다. 또한, 상기 슬리브(2)는 금속재로 구비될 수 있고, 절연성 소재로 구비될 수도 있다. 이러한 슬리브(2)는 그 용점이 수용되는 용융금속의 온도보다 높은 것을 사용하는 것이 바람직하며, 상부와 하부의 양단이 개방되어 상단으로는 용융 금속이 주탕되도록 형성되고, 하단은 개폐수단(3)에 의해 폐쇄 또는 개방되도록 형성될 수 있다. 즉, 슬리브(2)는 하부 바닥이 상기 개폐수단(3)으로 구비된 용기 형상이 될 수 있다. 그러나, 이러한 슬리브(2)의 구조는 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 하부가 상기 개폐수단(3)에 의해 밀폐 또는 개방되는 구조이면 어떠한 구조이든 적용될 수 있음은 물론이다. 그리고, 상기 슬리브(2)에는 도면에 도시하지는 않았지만 별도의 열전대를 내장시키고, 이 열전대를 제어부에 연결시켜 온도 정보를 제어부로 송출시키도록 할 수 있다.

<60>      뿐만 아니라, 상기 슬리브(2)에는 도 3에서 볼 수 있듯이, 온도 조절장치(20)가 더 구비될 수 있다. 이 온도 조절장치(20)는 냉각 장치와 가열 장치로 구비될 수 있는 데, 도 3에서 볼 수 있는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 슬리브(2)의 외측으로 냉각수 파이프(21)가 내장된 워터 자켓(22)이 설치되어 냉각장치를 형성하고, 그 외측으로 전열 코일(23)이 설치되어 가열장치를 형성할 수 있다. 이 때, 상기 냉각수 파이프는 슬리브의 내부에 매설되도록 설치될 수 있으며, 상기 가열장치 또한 전열 코일 외에 어떠한 가열기구도 사용될 수 있다. 이러한 온도 조절 장치는 슬리브(2) 내의 용융금속 또는 슬러리의 온도를 조절하도록 할 수 있는 어떠한 구조이든 적용될 수 있음은 물론이다. 이러한 온도조절장치에 의해 상기 슬리브(2) 내에 수용된 용융 금속은 적절한 속도로 냉각될 수 있다. 이러한 슬리브(2)는 이하 설명될 본 발명의 모든 실시예에 그대로 적용될 수 있음은 물론이다. 물론, 슬리브(2) 내에 수용된 용융 금

속의 냉각은 반드시 상기 온도조절장치(20)에 의해서만 가능한 것은 아니며, 자연 냉각시킬 수도 있다.

<61> 한편, 상기 슬리브(2)의 하단에 구비된 개폐 수단(3)은 상기 슬리브(2)의 하단을 개폐할 수 있는 것이면 어떠한 구조이건 적용 가능한 데, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 반응고 금속 슬러리의 제조장치에 의하면, 상기 개폐 수단(3)은 도 2에서 볼 수 있듯이, 상기 슬리브(2)의 하단에 구비된 개폐형 스톱퍼(stopper: 31)가 될 수 있다. 이 개폐형 스톱퍼(31)는 별도의 구동장치(미도시)에 의해 도 2 및 도 4에서 볼 수 있듯이, 상기 슬리브(2)의 하단을 개폐하는 것으로서, 상기 슬리브(2)와 동일한 재질로 형성될 수 있다. 이 개폐형 스톱퍼(31)는 이외에도 일측이 힌지 고정되어 있는 도어 형태로 되어도 무방하다.

<62> 뿐만 아니라, 상기 개폐형 스톱퍼는 비록 도면으로 나타내지는 않았지만, 배출되는 슬러리를 따라서 하방으로 개방될 수 있다. 즉, 슬러리가 배출될 때에, 이 슬러리를 받치듯이 하방으로 가동되는 방식으로 상기 슬리브를 개방할 수 있다.

<63> 상기 주입부(4)는 상기 슬리브(2)에 액상의 용융금속을 주입하는 것으로, 제어부에 전기적으로 연결된 통상의 레이들(ladle)이 사용될 수 있으며, 이 밖에도 금속을 용융시킨 로가 직접 연결되는 등 슬리브(2)에 용융금속을 주입할 수 있는 것이면 어떠한 것이든 무방하다.

<64> 상기와 같이 구성된 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 먼저, 도 2에서 볼 수 있듯이, 상기 개폐형 스톱퍼(31)에 의해 슬리브(2)의 하단을 폐쇄한 후, 교반부(1)에서 전자기장 인가장치(11)에 의해 슬리브(2)내에 소정 주파수 및 강도로 전자기장을 인가한다. 그리고, 별도의 전기로 등에서 용융된 용융 금속(M)을 상기 주입부(4)에 의해 전자기장의 영향 하에 있는 슬리브(2)로 주탕한다. 이 때, 상기 전자기장의 인가는 용융 금속(M)의 주탕 전에 이루어질

수도 있지만, 이에 한정되지 않고, 전술한 바와 같이, 용융 금속(M)의 주탕과 동시에 또는 용융 금속(M)이 주탕되는 도중에 이루어질 수도 있다.

<65> 이렇게 슬리브(2)에 용융금속이 주탕된 후 상기 슬리브(2) 내의 용융금속(M)은 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 소정의 속도로 냉각되어 반응고 금속 슬러리를 제조한다. 이 때, 상기 냉각 속도는 전술한 바와 같이, 0.2℃/sec 내지 5℃/sec의 속도가 될 수 있으며, 더 바람직하게는 0.2℃/sec 내지 2℃/sec의 속도가 될 수 있다. 이러한 냉각은 전술한 바와 같이, 온도 조절장치(20)에 의해서 가능하다. 그러나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 전술한 바와 같이, 슬리브(2) 내에 수용된 용융금속을 온도 조절장치(20)없이 자연 냉각시켜 상기와 같은 고상율의 슬러리를 제조토록 할 수도 있음은 물론이다.

<66> 한편, 상기와 같은 전자기장의 인가는 상기 냉각이 종료될 때까지 지속될 수 있다. 즉, 전자기장의 인가는 적어도 고상율이 0.001 내지 0.7일 때까지 지속될 수 있다. 다만, 전술한 바와 같이 에너지 효율 차원에서 상기 전자기장 인가장치(11)는 용융금속의 주입 후, 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.4 정도 될 때까지 지속할 수 있고, 더욱 바람직하게는 고상율이 0.001 내지 0.1 정도 될 때까지 지속할 수 있다. 이러한 고상율이 되는 시간은 미리 실험에 의해 알아낼 수 있다. 전술한 바와 같이, 이렇게 전자기장이 인가되는 도중에도 냉각은 계속 진행될 수 있음은 물론이다.

<67> 이렇게 슬러리가 제조된 후에는 도 4에서 볼 수 있듯이, 상기 개폐형 스톱퍼(31)를 가동시켜 슬리브(2)의 하단을 개방시키고, 이에 따라 슬러리(S)가 자중에 의해 상기 슬리브(2) 하단을 거쳐 슬리브(2) 외측으로 이탈되도록 한다. 이

때, 슬리브(2) 하단의 외측에는 별도의 이송장치가 이 슬러리(S)를 받아 후속공정의 성형장치로 이송시켜 반응고 성형을 진행한다. 또한, 비록 도면으로 도시하지는 않았지만, 상기 슬리브(2)의 하단부에는 냉각장치가 구비된 별도의 슬리브가 더 설치되어 배출된 슬러리(S)를 곧바로 빌렛으로 성형시킬 수도 있다.

<68> 한편, 도 2 및 도 4와 같은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면 형성된 슬러리(S)를 자중에 의해 슬리브(2) 외측으로 이탈시키는 데, 이렇게 자중에 의한 이탈 방법 외에 도 5에서 볼 수 있듯이, 별도의 가압수단(5)을 통해 밀어 내릴 수도 있다.

<69> 도 5에 따른 본 발명의 바람직한 다른 일 실시예에 따르면, 별도의 구동장치(미도시)에 연결된 가압수단(5)이 상기 슬리브(2)의 상단에 구비된다. 상기 가압수단(5)은 상기 슬리브(2)의 상단으로부터 슬리브(2) 내의 내용물, 즉, 용융금속이나 슬러리 등을 가압할 수 있는 것이면 어떠한 것이든 적용될 수 있는 데, 그 일 예로서 가압 플런저(51)가 사용될 수 있다. 이 가압 플런저(51)는 슬리브(2)에 용융 금속이 주입될 때에는 슬리브(2)로부터 분리되어 있다가, 슬리브(2)에 용융 금속 주입된 후에는 상기 슬리브(2)의 상단에 삽입되도록 형성될 수 있다. 이에 따라, 전자기장 교반 및 냉각에 의해 슬러리가 생성되고 있는 동안에 이 슬러리를 가압할 수 있으며, 슬러리의 제조가 완료되고, 개폐형 스톱퍼(31)에 의해 슬리브(2)의 하단이 개방된 후에 슬러리를 가압하여 외측으로 이탈시킬 수 있다.

<70> 도 6 내지 도 8은 본 발명의 바람직한 또 다른 일 실시예에 따른 반응고 금속 슬러리의 제조장치를 나타낸 것으로, 개폐 수단(3)으로서, 슬리브(2)의 하단에 삽입되는 플런저(32)를 채용한 구조를 나타낸다. 즉, 별도의 구동장치(미도시)에 의해 구동되는 플런저(32)를 슬리브(2)의 하단에 삽입시켜 슬리브(2)를 폐쇄시킨 후, 슬러리가 제조된 후에는 도 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 플런저(32)를 하강시켜 슬러리(S)가 슬리브(2)를 이탈할 수 있도록 한 것이다.

이러한 본 발명의 바람직한 또 다른 일 실시예에 따르면, 슬리브(2)를 이탈한 슬러리(S)가 플런저(32)의 상면에 안정적으로 지지되어 있을 수 있게 되고, 이에 따라 별도의 로봇장치(미도시) 등 이송수단에 의해 타 공정으로 이송시킬 수 있게 된다.

<71> 한편, 상기와 같은 실시예에 있어서도, 도 8에서 볼 수 있는 바와 같이, 슬리브(2)의 상단에 별도의 플런저(51) 등 가압수단(5)을 설치하여 제조된 슬러리(S)를 가압하도록 할 수 있다.

<72> 이러한 반응고 금속 슬러리 제조장치에 따라 다량의 반응고 금속 슬러리를 연속하여 제조할 수 있게 되며, 후속 공정과의 연계성을 더욱 증대시킬 수 있어 전체 공정의 효율성을 향상시킬 수 있다. 또한, 제조된 슬러리를 슬리브의 하단으로부터 이탈시킴으로서, 슬러리의 배출을 보다 용이하게 할 수 있다.

<73> 본 발명의 제조장치는 다양한 금속/합금, 예를 들면, 알루미늄이나 그 합금, 마그네슘이나 그 합금, 아연 또는 그 합금, 구리 또는 그 합금, 또는 철 또는 그 합금 등의 반응고 성형법에 범용적으로 적용될 수 있음은 물론이다. 또한, 이렇게 제조된 금속 재료는 그 평균 입경이 10 내지 60 $\mu$ m로 미세한 구상(球狀)이 되고, 그 분포도 균일하게 된다.

#### 【발명의 효과】

<74> 상기한 바와 같이, 본 발명에 의하면 종래에 비해, 전체적으로 균일, 미세한 구상의 조직을 얻을 수 있으므로 합금의 기계적 성질의 향상을 실현할 수 있다.

<75> 또한, 액상선 보다 높은 온도에서의 단시간의 교반만으로도 용기 벽면에서의 핵생성 밀도를 현저히 증가시켜 입자의 구상화를 실현할 수 있다.



- <76> 또한, 본 발명의 반응고 금속 슬러리 제조장치는 전체 공정을 단순하게 할 수 있고, 전자기장 교반 시간을 크게 단축시킬 수 있으므로 교반에 필요한 에너지의 소모가 적고 제품성형 시간도 아울러 단축되어 경제적으로도 상당한 이점을 갖는다.
- <77> 뿐만 아니라, 후속 공정과의 연계성도 뛰어나 수율을 크게 증진시킬 수 있다.
- <78> 그리고, 장치 전체의 구성이 간단하여 보다 신속하고 간편하게 다량의 반응고 슬러리를 제조할 수 있다.
- <79> 또한, 제조된 슬러리를 보다 용이하게 배출시킬 수 있다.
- <80> 본 명세서에서는 본 발명을 한정된 실시예를 중심으로 설명하였으나, 본 발명의 사상적 범위내에서 다양한 실시예가 가능하다. 또한 설명되지는 않았으나, 균등한 수단도 또한 본 발명에 그대로 결합되는 것이라 할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 보호범위는 하기 특허청구 범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

양단이 개방되고, 일단으로부터 액상의 용융 금속이 주입되는 적어도 하나의 슬리브;

상기 슬리브 내의 용융 금속에 전자기장을 인가하는 교반부; 및

상기 슬리브의 타단을 폐쇄해 상기 용융 금속이 주입되는 영역의 바닥을 형성하고, 슬러리의 형성 후에는 상기 슬리브의 타단을 개방해 슬러리가 상기 슬리브 외측으로 이탈되도록 하는 개폐 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 금속 슬러리의 제조장치.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서,

상기 개폐수단은 상기 슬리브의 일단에 구비된 개폐형 스톱퍼인 것을 특징으로 하는 반응고 금속 슬러리의 제조장치.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서,

상기 개폐수단은 상기 슬리브의 일단에 삽입되어 승강운동하는 플런저인 것을 특징으로 하는 반응고 금속 슬러리의 제조장치.

**【청구항 4】**

제1항에 있어서,

상기 슬리브의 일단에는 슬러리를 가압하는 가압수단이 더 구비된 것을 특징으로 하는 금속 슬러리의 제조장치.

【청구항 5】

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 슬리브 내의 용융금속을 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 냉각시키는 것을 특징으로 하는 반응고 금속 슬러리의 제조장치.

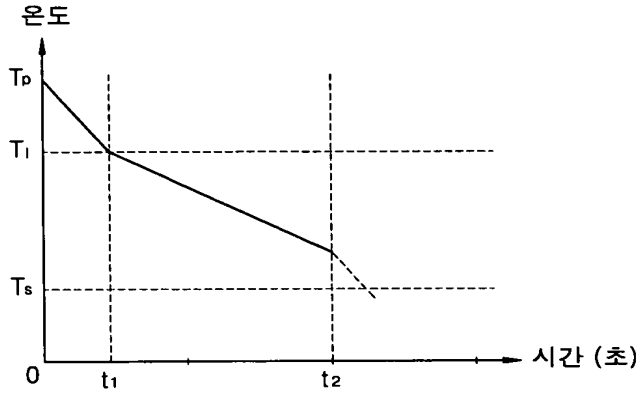
【청구항 6】

제5항에 있어서,

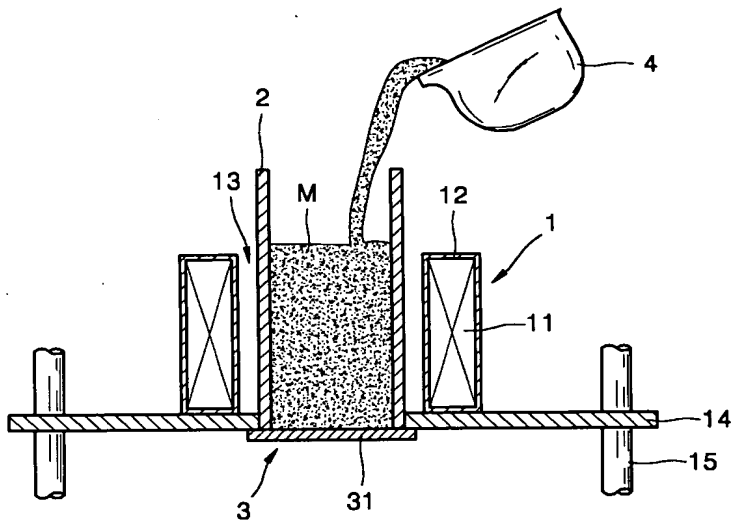
상기 슬리브에는 온도 조절장치가 더 부가되고, 상기 슬리브 내의 용융금속의 냉각은 상기 온도 조절장치에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 반응고 금속 슬러리의 제조장치.

【도면】

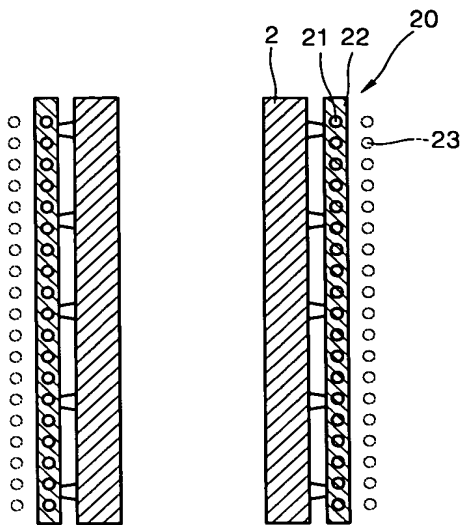
【도 1】



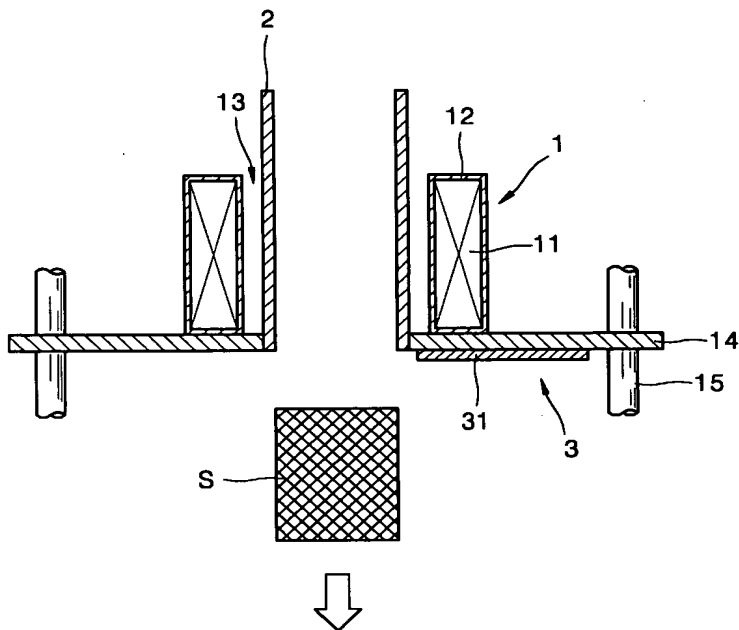
【도 2】



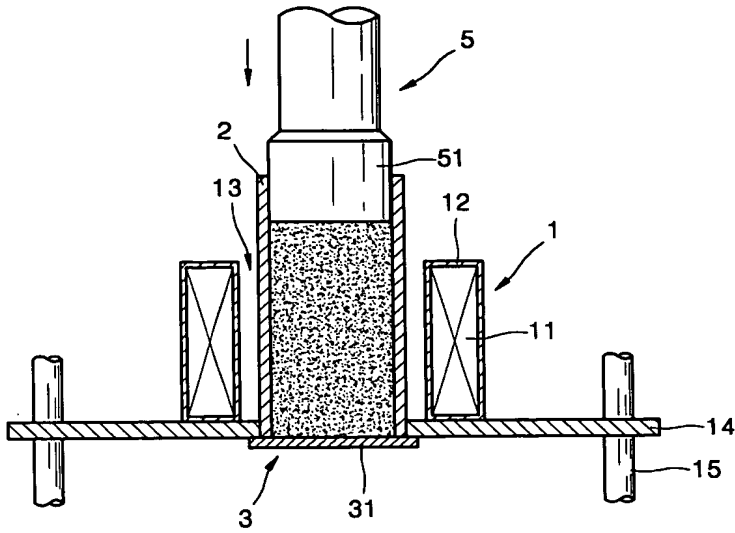
【도 3】



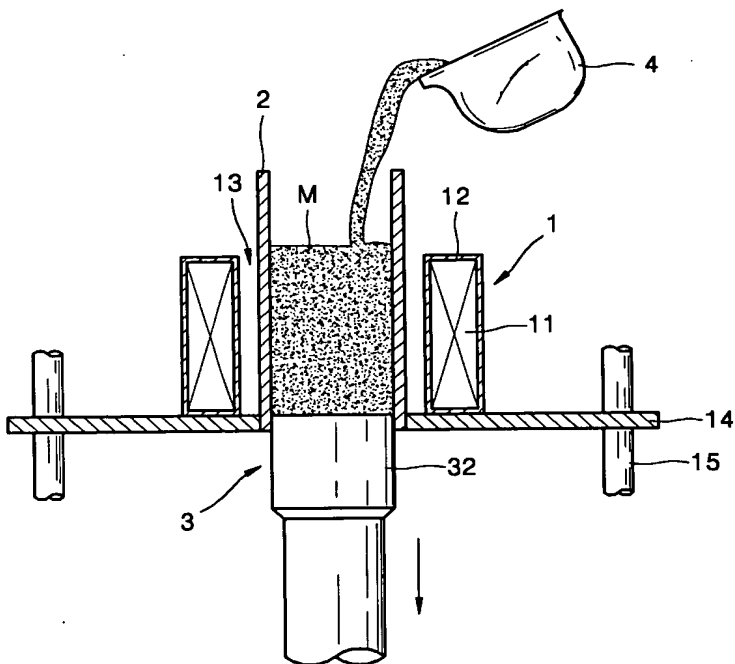
【도 4】



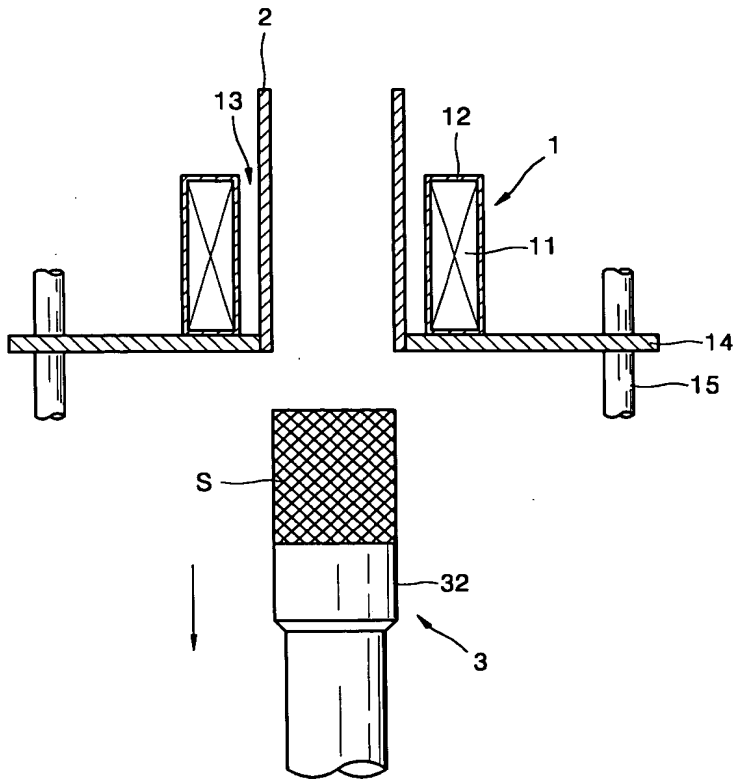
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

